

附件 5

“战略性矿产资源开发利用”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“战略性矿产资源开发利用”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕国家资源安全和重大战略需求，瞄准战略性矿产资源勘查开发利用的重大科学问题与技术难题，在矿产资源精细勘查、绿色开发、高值化利用、智能融合等方面取得理论突破，攻克一批重大核心共性关键技术与装备，形成若干战略性矿产资源开发利用示范基地，为构建高质量资源保障体系提供科技支撑。

2021 年度指南部署坚持“全链条设计，一体化组织实施”要求，围绕战略性矿产资源分布与成矿规律研究、战略性矿产勘查技术与增储示范、战略性矿产智能绿色开采技术与装备、战略性矿产绿色选冶技术、紧缺战略性矿产高效开发与资源保障、战略性矿产高质化利用技术、战略性矿产分析测试技术和标准体系、前沿探索与集成示范等 8 个技术方向，按照基础前沿技术、

共性关键技术、示范应用，拟启动 20 个项目，拟安排国拨经费概算 10 亿元。其中，围绕战略性矿产勘查、开采、选矿、冶金和综合提纯等技术方向，拟部署 20 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 1 亿元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期 3~5 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。常规项目下设青年科学家课题的，青年科学家课题负责人及参与人员年龄要求，与青年科学家项目一致。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持

的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 战略性矿产资源分布与成矿规律研究

1.1 中重稀土矿床成矿规律及勘查评价技术

研究内容：我国主要中重稀土矿带/区地质及矿化特征；中重稀土元素富集成矿过程及成矿机制；我国主要稀土成矿带中重稀土成矿潜力；典型矿集区中重稀土找矿勘查示范。

考核指标：查明中重稀土富集成矿过程及成矿地质条件，建立中重稀土矿床成矿模型；预测我国主要稀土成矿带中重稀土成矿潜力，建立离子吸附型中重稀土矿床勘查评价技术；提供 3~4 个可供勘查的找矿新靶区，形成 2 个找矿勘查示范基地。

1.2 钴—镍成矿规律与高效勘查技术

研究内容：沉积岩及变沉积岩容矿钴发育特征及成矿潜力；红土型钴—镍发育特征及成矿潜力；铜镍硫化物矿床和钒钛磁铁矿中钴的赋存状态、富集成矿机制及成矿潜力；各种类型钴—镍矿床的成矿模型及高效勘查技术方法；重点成矿区带成矿预测和勘查示范。

考核指标：建立 4 种类型钴（-镍）矿床成矿模型；定量评估我国主要钴—镍矿带的成矿潜力；建立不同矿床类型找矿勘查技

术体系；预测 4~5 个找矿新靶区，形成 2 个找矿勘查示范基地。

1.3 全球战略性矿产成矿规律和预警决策支持技术

研究内容：全球战略性矿产资源大数据平台技术；基于大数据的全球战略性矿产资源预警与决策支持技术；全球战略性矿产资源重要成矿区带时空分布规律和发育特征；控制全球不同类型战略性矿产时空分布的关键因素；基于大数据平台的关键矿产资源潜力评价方法及开发利用水平评价技术。

考核指标：建立全球战略性矿产资源大数据平台；建立战略性矿产资源预警与决策模型并开发相关软件；查明全球战略性矿产成矿规律，出版高质量全球战略性矿产专著 1 部；建立我国 20 种战略性矿产成矿模型。

2. 战略性矿产勘查技术研究及增储示范

2.1 我国西部伟晶岩型锂等稀有金属成矿规律与勘查技术

研究内容：我国西部伟晶岩型和粘土型锂稀有金属资源地质背景及矿化特征；我国西部伟晶岩型和粘土型锂稀有金属资源时空分布特征及成矿规律；含矿及无矿岩体快速评价技术和伟晶岩型锂等稀有金属资源勘查方法体系；我国西部主要伟晶岩型和粘土型锂稀有金属矿带成矿潜力；我国西部主要锂稀有金属成矿区带找矿预测及勘查示范。

考核指标：建立伟晶岩型和粘土型锂稀有金属成矿模型；

定量评价我国西部主要锂矿带的成矿潜力；建立伟晶岩型锂稀有金属勘查技术方法体系；形成 2 个以上找矿勘查示范基地。

2.2 煤系战略性金属矿产资源赋存规律与精细勘探技术

研究内容：煤系铀、镓、锗、钒、锆、锂等战略性金属矿产资源时空分布规律、耦合成藏规律、赋存特征及其协同勘探模型；主要煤系战略性金属矿产资源综合地球物理与地球化学精细勘查方法与技术；煤及共伴生资源赋存环境和开采地质条件超前精准探测；全生命周期智慧地质监测技术；煤共伴生战略性金属矿产靶区优选方法和评价指标体系。

考核指标：查明煤系主要战略性金属矿产资源成矿规律、赋存状态，建立找矿模型；开发含煤岩系多矿产储层地质构造、水文地质条件高分辨率精细勘查技术，形成煤系主要战略性矿产资源综合地球物理与地球化学精细勘查方法技术体系，建成 1 处综合勘查示范工程；建立地下地质条件精准超前探测与智慧感知的方法技术体系，开发远距离超前探测装备和全生命周期智能感知与监控系统各 1 套；建立我国煤共伴生战略性金属矿产靶区优选方法和评价指标体系。

3. 战略性矿产智能绿色开采技术与装备

3.1 煤与共伴生战略性金属矿产协调开采理论与技术

研究内容：煤与共伴生战略性金属矿产全生命周期采矿规划

理论及协调开采方法；煤与共伴生战略性金属矿产协调开采的开拓延伸与地下空间安全服役技术；煤与共伴生战略性金属矿产协调开采的多相多物理场演化与围岩活动叠加影响规律；共伴生战略性金属矿产协调开采隔水层稳定性与含矿含水层水位控制技术；协调开采过程中污染物迁移规律与控制技术。

考核指标：构建煤与共伴生战略性金属矿产协调开采的理论体系和规划方法；形成煤与共伴生战略性金属矿产协调开采的成套方法与模式，在示范工程中实现3种以上可利用的与煤共生战略性金属矿产的协调开采；煤与共伴生战略性金属矿产协调开采的地下空间开挖效率提高30%以上；煤系各矿产的开采活动不影响彼此的正常开采，含矿含水层水位变化小于10%；研发出污染物迁移控制关键技术，使污染物含量低于国家标准，地下水中污染物迁移控制在150米以内；建立煤与共伴生战略性金属矿产协调开采示范工程1处，典型共伴生战略性金属采出率达30%以上。

4. 战略性矿产绿色选冶技术

4.1 离子吸附型稀土矿绿色高效开发关键技术与装备

研究内容：离子型稀土矿山渗漏通道综合勘查及无氨原位浸出控制技术；离子型稀土矿绿色强化浸取关键技术；稀土浸出液高效富集与杂质分离关键技术及大型连续可移动装备；离子型稀土矿区生态修复与治理技术以及提取全过程环境影响分析；离子

型稀土矿产资源绿色提取工程示范建设。

考核指标：形成离子型中重稀土资源绿色高效提取关键技术 3~4 项，大型可移动装备处理浸出液能力达到 100m³/h 以上；离子型稀土回收率在现有矿山回收率基础上提高 10%以上，稀土矿产品达到国家和行业标准，全流程不产生含放射性废渣和氨氮污染，地表植被恢复率达 90%以上；建立 1~2 个百吨级 REO/年离子型稀土矿工程示范，实现连续稳定运行，形成全套的工程技术体系；申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿 2 项以上。

4.2 铍绿色冶炼与精深加工

研究内容：铍强化熔炼反应器内温度场分布规律、矿相解离机制，分离纯化过程杂质元素深度脱除机理等；铍溶液分离提纯萃取体系、工艺参数与反应器优化等技术；高温还原金属化工艺过程与渣型优化、杂质深度脱除、反应器结构设计等技术；铍铜、铍铝、氧化铍等产品绿色制造技术与装备，5N 级高纯金属铍制备技术与装备；铍废渣资源化利用与处置技术及装备。

考核指标：形成强化熔炼、萃取分离提纯等绿色冶炼技术 2~3 项；研制电解精炼、真空熔炼等核心装备 2~3 台套；铍矿石到氧化铍工艺段铍回收率大于 85%，污染物排放减少 50%；研制出铍化合物、铍合金、5N 级高纯铍等产品 3~5 种；形成覆盖研究内

容的技术专利 5~8 件以上。

5. 紧缺战略性矿产高效开发与资源保障

5.1 复杂难处理铁矿资源高效开发利用技术

研究内容：针对菱铁矿、褐铁矿、高磷鲕状赤铁矿资源利用难度大、利用率低等问题，研究铁及共伴生元素赋存状态、分布规律，开展基于矿石性质的分选强化理论研究；研究高效抛尾及废石资源化利用集成技术；研究菱铁矿、褐铁矿、鲕状赤铁矿矿相转化与精准分离协同调控机制及智能控制技术与装备；研究铁矿物强化富集分离及杂质元素深度脱除技术与药剂；研究高磷鲕状赤铁矿直接还原同步降磷技术与装备；建成相应示范工程（或工程示范）。

考核指标：形成菱铁矿、褐铁矿、高磷鲕状赤铁矿物质组成特性、精细分选及矿相转化理论体系；形成难选铁矿资源高效开发利用技术 3~5 项；预选抛尾产率达到 15%、全铁回收率达到 90% 以上、废石（尾矿）的资源化利用率达到 40% 以上；研制难选铁矿矿相转化及分离提取核心智能化装备 1~3 台/套；菱（褐）铁矿物矿相转化率 $\geq 95\%$ ，铁精矿 TFe 品位 $\geq 60\%$ ，铁回收率 $\geq 85\%$ ；研发难选铁矿物富集与深度除杂专属药剂 2~3 种；高磷鲕状赤铁矿精矿 TFe 品位 $\geq 62\%$ 、铁回收率 $\geq 70\%$ 、 $P \leq 0.25\%$ ；还原铁 TFe 品位 $\geq 90\%$ ，回收率 $> 90\%$ ， $P \leq 0.1\%$ 。建立 10 万吨级/年以上规

模工程示范 1~2 项；申请发明专利 10 件以上；形成标准及规范征求意见稿 2 项以上。

5.2 镍钴钕清洁提取与高效利用关键技术

研究内容：红土镍矿强化浸出过程优化、反应器结垢机理与抑制、杂质梯级分离等技术；镍钴中间品低成本精炼与短流程制备前驱体等技术；含硫铁渣钙/铁分离、低温预处理与高效分离富集技术及装备；红土镍矿非常规介质温和浸出、微气泡强化氧化除杂、介质循环、镍基新材料短流程制备等技术与装备；伴生钕走向分配规律、超常富集与分离提纯等技术。

考核指标：形成红土镍矿强化浸出、短流程制备前驱体、铁渣高效利用等技术 4~5 项；研制耐高温高压超大型反应器、非常规介质反应器等装备 2~3 套；镍钴综合回收率达到 90%，铁回收率 > 85%、铁精粉品位 > 65%，酸耗降低 10%、生产成本降低 10%；形成年处理能力三百万吨级红土镍矿强化浸出及三万吨级镍钴前驱体制备工程示范各 1 个；建立千吨级非常规介质温和提取工业试验线和吨级钕分离提取扩大试验线；形成覆盖研究内容的专利 20 件以上。

5.3 煤系战略性金属矿产协同分离回收理论与技术

研究内容：煤系战略性金属矿产与主成矿元素共伴生相关关系及洗选迁移规律；煤炭燃烧和气化过程战略性金属的矿相重构

及诱导活化；煤系战略性金属或原生矿物与载体矿物预富集技术；煤系战略性金属元素选择性强化分离理论与技术；废液废渣资源化和高值化利用技术；煤系战略性金属的协同分离回收技术与装备。

考核指标：揭示煤系战略性金属多尺度赋存机制和分异富集机理；研发 2~3 项煤系战略性金属高效活化、预富集成套技术与装备；研发煤系共伴生关键稀散金属选择性强化分离技术，开发 4~5 种高效分离新药剂；建立 1~2 个处理能力 2 万吨/年以上的煤系战略性金属协同回收示范工程，主要煤系战略性矿产镓、锗、锂、铟、镉等资源综合回收率达到 55% 以上。

5.4 战略性矿产选冶过程智能化关键共性技术

研究内容：战略性矿产选冶过程智能检测新机理、新方法及虚拟孪生理论、技术与应用；智能可穿戴选冶过程数据感知元器件与产品；基于 5G 的选冶过程智能优化技术；选冶共性工业软件技术与产品。

考核指标：开发 10 种选冶在线检测智能装置、智能机器人、智能可穿戴装置；研究 15 个选冶过程共性工业数据模型，开发 5 项基于虚拟孪生的操作与决策优化技术，形成选冶过程虚拟孪生技术应用体系；研制 20 种选冶数字孪生装置及仪表，10 套嵌入式和共性智能优化工业软件；建设 1 个选冶过程智能优化远程服

务云平台；选冶生产设备点、巡检效率提升 30%、运转率提升 10%，生产劳动效率提升 20%，产品质量稳定性提高 10%；申请发明专利 20 件，登记软件著作权 10 项。

6. 战略性矿产高质化利用技术

6.1 稀土高质化基础原材料制备与高丰度稀土元素平衡应用

研究内容：稀土分离提纯新理论、新方法和新技术；高丰度稀土元素基础物性及新应用；高纯及特殊物性稀土化合物材料制备关键技术与装备；高纯稀土金属短流程、规模化制备及应用技术；镧、铈、钇等高丰度稀土元素在铁、镁、铝基金属等方面规模化应用技术。

考核指标：形成高纯和特殊物性稀土制备、高丰度稀土元素平衡应用等技术 3~4 项；制备出 2~3 种 5N~6N 级高纯稀土氧化物和物性可控稀土化合物，制备出 2~3 种特殊需求的 4N~5N 级高纯稀土金属，单次提纯量达到 30kg 以上；开发出 3~5 种高丰度稀土元素的高值化产品并获得规模应用；建立 1~2 个工程示范，实现连续稳定运行；形成涵盖研究内容的技术专利、标准或规范体系，包括申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿 2 项以上。

6.2 稀散金属镓—锗—铟高效富集及分离纯化

研究内容：稀散金属晶格嵌布特征与赋存状态，铅锌等冶金过程分配规律与精准分离强化调控机制、高纯金属与前驱体制备方法；镓锗与主金属高效选择性分离富集，高富集比镓锗物料强化溶出与杂质深度脱除、多元溶液分离提纯等技术装备；铟与主金属短流程分离、铟粗产品制备等技术；高纯镓、二氧化锗、铟靶材前驱体等产品制备技术与装备。

考核指标：形成稀散金属分离提纯和高纯金属制备等 3~5 项新技术，研制分离提纯装备和专属药剂 2~3 种；研制 6N 级高纯镓、二氧化锗和靶材前驱体等高质原材料 3~4 种；镓锗铟综合回收率提高 5~10%，建立具有年产 20 吨镓锗和 50 吨铟生产能力的示范工程，建立吨级高纯产品生产线；形成覆盖研究内容的技术专利 10~15 项。

6.3 晶质石墨提纯与精深加工技术

研究内容：晶质石墨鳞片保护与杂质迁移过程机制，晶质石墨超大鳞片、大鳞片和细鳞片采选协同保护和短流程分选技术与装备；多场耦合提纯技术与装备；长循环低成本天然石墨负极材料技术；氟化石墨制备技术。

考核指标：揭示晶质石墨提纯及精深加工机理；超大鳞片石墨矿精矿固定碳回收率达到 92%，超大鳞片的产率提高 10%；细鳞片石墨矿的精矿固定碳回收率达到 90%；球形石墨球形化率提

高 10%以上。建成涵盖研究内容的合计选矿产能达到 20 万吨的鳞片石墨绿色选矿示范线 2~3 条。建成万吨级高性能天然石墨负极材料示范工程。形成覆盖研究内容的技术专利 15~20 项。

7. 战略性矿产分析测试技术和体系化

7.1 战略性矿产岩矿分析测试技术和标准体系

研究内容：主要战略性矿产的岩矿分析测试技术和标准化；主要战略性矿产的岩矿标准物质库和质量监控系统；面向野外和现场的车载实验室及快速分析测试技术；针对复杂赋存状态元素和超低含量元素的高精度、高灵敏度、高空间分辨前沿分析测试技术。

考核指标：针对战略性矿产岩矿样品，建立光质谱分析测试技术标准体系、标准物质库和质量监控系统；研制出车载实验室，开发锂、铍、铌、钽、稀土等元素的现场快速分析测试技术，测量元素 ≥ 8 种，检测下限 2~30 $\mu\text{g/g}$ ；研发前沿分析测试技术，开发铼、锆、铟、镓等超低含量分散元素的高精度测量方法和复杂共伴生元素的微区原位测量方法，测量元素 ≥ 10 种，检测下限 $\leq 20\text{ ng/g}$ ，原位分析空间分辨率 $\leq 30\ \mu\text{m}$ ；形成行业或团体标准征求意见稿 15~20 项，申报标准物质 15~20 种，申请软件著作权登记 3~5 项，申请发明专利 4~6 件。

7.2 战略性矿产选冶分析测试技术和标准体系

研究内容：针对稀有、稀散、稀土、稀贵矿产和战略性非金属矿产，研究选冶过程分析检测技术和标准；中间物料与产品的标准样品和质量监控体系；选冶工艺过程关键节点的在线检测技术；选冶产品的质量检测与预测技术；选冶过程痕量有害元素追踪检测方法。

考核指标：建立战略性矿产选冶分析检测技术标准、标准样品、质量监控和痕量有害元素追踪技术体系，形成行业或团体标准征求意见稿 15~20 项，申报国家标准样品（物质）15~20 项，申请软件著作权 3~5 项；研发选冶过程在线检测系统，元素检测下限 $25 \mu\text{g/g}$ ，单样检测时间 $\leq 5 \text{ min}$ ，元素 ≥ 5 种，开展应用示范 1~2 项；研发选冶产品质量预测和痕量有害元素追踪、高纯产品质量检测技术，预测精度平均相对误差 $\leq 8\%$ ，选冶过程痕量有害元素及高纯产品中痕量元素检测下限 $\leq 20 \text{ ng/g}$ ，申请发明专利 4~6 件。

8. 前沿探索与集成示范

8.1 战略性矿产勘探开发利用基础研究与前沿技术探索（青年科学家项目）

研究内容：战略性矿产成矿新理论，战略性矿产勘探新方法及新设备；深部稀有金属矿产连续智能化开采理论与技术；基因矿物加工和材料基因工程耦合的矿物—原材料—材料—高精尖产

品过程适配性科学本质,战略性矿产矿物加工与循环利用新理论、新方法、新装备;新冶金理论与方法;战略性矿产分离提纯新理论、新方法、新应用等。

考核指标:形成原创理论 3~5 项,前沿技术原型 3~5 项,完成实验室小型试验,制备出样品或样机。

有关说明:该任务方向仅部署青年科学家项目,在勘探、开采、选矿、冶金及综合提纯五个方向分别支持 4 个项目。

8.2 白云鄂博多金属资源绿色高效开发利用集成示范

研究内容:稀土、铌、萤石、钽等关键矿物赋存状态、分布规律及分异富集机制;多种伴生铌矿物的共存机制、物理强化分选机理以及高效非常规同步预富集技术;稀土、钙、钡、硅等杂质深度脱除与萤石精深提质强适应性新技术;稀土精矿高效分解及焙烧烟气治理技术与装备;稀土浸出液无铵沉淀转型及废水循环利用技术;白云鄂博稀土多金属矿产资源绿色开发工程示范建设。

考核指标:形成白云鄂博稀土多金属矿绿色选冶技术 3~4 项,研制装备 3~5 台套。稀土精矿 REO \geq 60%,回收率提高 5%;萤石精矿 CaF₂ 品位 \geq 95%;钽铌回收率达到 50%,精矿 Nb₂O₅ 品位 $>$ 5%;铁精矿 TFe 品位 \geq 65%,回收率达到 70%;稀土冶炼回收率大于 90%,回收硫酸浓度大于 90%,氢氟酸和硅氟酸混酸浓

度不低于 20%；沉淀转型过程物料循环利用率大于 50%，水循环利用率大于 85%；建立白云鄂博稀土多金属矿万吨级/年规模工程示范，申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范 2 项以上。

8.3 特殊环境下硬岩型锂矿开发与高质化利用集成示范

研究内容：伟晶岩锂矿嵌布特征、粒度分布规律及智能预抛废技术与设备；耐低温锂辉石专属浮选药剂研制，极寒条件下多场锂铍钽铌共富集组合技术与装备；特殊环境下电位调控锂辉石短流程高效浮选新工艺；锂精矿低温转化、强化溶出、分离提取技术与装备；锂精矿直接浸出短流程制备碳酸锂技术与装备；电池级氢氧化锂、高纯金属锂等深加工产品制备技术。

考核指标：形成特殊环境下多金属锂矿高效选矿技术与装备 3~4 项，锂选矿回收率达到 80%以上，锂精矿中 Li_2O 品位不低于 5.5%，钽铌的回收率达到 50%；研制新型锂辉石浮选耐低温药剂 1~2 种，药剂凝固点 $\leq 0\text{ }^\circ\text{C}$ ，浮选过程药剂用量降低 10%，形成新型药剂全生命周期评价方法；形成锂精矿低温转化、短流程直接浸出等分离提取技术 3~4 项，锂回收率大于 90%，成本降低 15% 以上；研制出电池级氢氧化锂、高纯金属锂等深加工产品 2~3 种，产品质量满足锂电正极材料要求；建成 5000 t/d 锂矿石选矿示范工程和万吨级锂分离提取示范工程，实现稳定运行 3 个月以上。